

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 06 791.4

**Anmeldetag:** 18. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** BOMAG GmbH, Boppard/DE

**Bezeichnung:** Schwingungserregervorrichtung

**IPC:** E 02 D 3/074

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 13. November 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

Der Präsident  
Im Auftrag



Hoß

# LANG & TOMERIUS

Deutsche Patentanwälte  
European Patent Attorneys  
Euro Trademark Attorneys

Bavariaring 29  
D-80336 München  
Tel. 089-54369960  
Fax 089-54369970

FRIEDRICH LANG  
Lang@patented.de  
DR. ISABEL TOMERIUS  
Tomerius@patented.de

B.P 129 DE  
BOMAG GmbH  
LG/sa

## SCHWINGUNGSERREGERVERRICHTUNG

Die Erfindung betrifft eine Schwingungserregervorrichtung zur Verwendung in einer Bodenverdichtungsmaschine, wie zum Beispiel einer Rüttelplatte oder einer Walze, mit einer Schwingungserregervorrichtung, einem ersten Unwuchtwellenpaar und einer Kippmoment-Ausgleichsvorrichtung.

- Herkömmliche Bodenverdichtungsmaschinen, beispielsweise reversierbare Vibrationsplatten sowie Vibrationswalzen, sind zur Erzeugung von gerichteten Schwingungen mit einem gegenläufigen Unwuchtwellenpaar ausgestattet. Die Unwuchten der beiden Wellen rotieren synchron aber mit entgegengesetzter Drehrichtung. Durch Phasenverschiebung kann eine gewünschte, gerichtete Schwingungsrichtung eingestellt werden und eine gerichtete Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung der Bodenverdichtungsmaschine erzeugt werden.
- Je nach Phasenlage der Unwuchten wird jedoch ein periodisch wechselndes Kippmoment erzeugt. Dieses Kippmoment tritt auf, weil die einzelnen Unwuchten verschiedene Drehachsen haben. Dadurch greift die resultierende Fliehkraft zweier Unwuchtwellen im Verlauf einer Umdrehung stets an einem anderen Punkt an. Die Richtung der resultierenden Kraft bleibt zwar gleich, aber der wirksame Hebelarm und die Größe der Kraft ändern sich. Dieses Kippmoment ist unerwünscht, da es sich nachteilig auf das Bewegungsverhalten der Bodenverdichtungsmaschine auswirkt.

Aus DE 297 23 617 U1 ist eine Vibrationsplatte bekannt, die zur Unterdrückung eines derartigen Kippmomentes eine Kippmoment-Ausgleichsvorrichtung aufweist. Sie beinhaltet eine zentrale Unwuchtwelle zwischen einem Unwuchtwellenpaar. Die Unwuchtmasse der

zentralen Unwuchtwelle ist so groß wie die gesamte Unwuchtmasse des Unwuchtwellenpaars. Die zentrale Unwuchtwelle dreht sich gegenläufig zu dem gleichsinnig drehenden Unwuchtwellenpaar, wobei die Drehzahl aller Unwuchtwellen synchron ist. Durch diese Anordnung tritt kein unerwünschtes Kippmoment auftritt.

5

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Bodenverdichtungsmaschine der Eingangs genannten Art zu verbessern und eine einfache und preiswerte Alternative zur bisher bekannten Kippmoment-Ausgleichsvorrichtung zur Verwendung in einer Bodenverdichtungsmaschine zu schaffen.

10

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass als Kippmoment-Ausgleichsvorrichtung in Achsrichtung neben dem ersten Unwuchtwellenpaar ein zweites Unwuchtwellenpaar angeordnet ist. Dabei drehen das erste und das zweite Unwuchtwellenpaar gegenläufig und diagonal gegenüberliegende Unwuchtwellen rotieren gleichsinnig.

15

Die Erfindung hat den Vorteil, dass sich unerwünschte Kraftkomponenten und Drehmomente gegenseitig aufheben, so dass keine Kippmomente auftreten.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass der Schwingungserreger aus gleichartigen Komponenten einfach und symmetrisch aufgebaut ist, so dass Kostenvorteile erzielt werden. Da die Gesamtunwuchtmasse sich auf vier Wellen verteilt, kann die Gesamtunwuchtmasse erhöht werden oder die Unwuchtwellen können kleiner dimensioniert werden.

Die Unwuchtwellen müssen dabei nicht paarweise fluchtend nebeneinander liegen, sondern die Unwuchtwellen des einen Unwuchtwellenpaars können zu den Unwuchtwellen des anderen Unwuchtwellenpaars achsparallel bei kreuzweiser Symmetrie versetzt sein. Unter kreuzweiser Symmetrie wird hier eine Anordnung verstanden, bei welcher die diagonal gegenüberliegenden Unwuchtwellen zum Kreuzungspunkt ihrer Verbindungslienien paarweise symmetrisch angeordnet sind.

30

Der achsparallele Versatz kann innerhalb der gleichen Ebene erfolgen oder aus der Ebene heraus. Zum Beispiel könnte eine hintere linke Unwuchtwelle um einen gewissen Betrag nach

oben versetzt sein. Dann müsste die vordere rechte Unwuchtwelle um denselben Betrag nach unten versetzt sein, um die erforderliche Symmetrie herzustellen. Es kann dabei ferner vorteilhaft sein, dass die Abstände der diagonal gegenüberliegenden Unwuchtwellen unterschiedlich sind.

5

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht die Möglichkeit, eine Lenkbewegung zu erzeugen, indem eine Unwuchtwelle in ihrer Phasenlage verändert wird.

Grundsätzlich können die diagonalen Unwuchtwellen separat angetrieben werden. Vorzugs-

- 10 weise sind die diagonalen Unwuchtwellen drehfest gekoppelt, zum Beispiel über ein Getriebe. Das hat den Vorteil, dass die diagonalen Unwuchtwellen den gleichen Drehsinn und die gleiche Drehgeschwindigkeit stets beibehalten und damit die Funktionsfähigkeit sowie den Kippmomentausgleich immer gewährleisten. Die Synchronisation wird noch weiter dadurch vereinfacht, dass alle Unwuchtwellen drehfest gekoppelt sind.

15

In einer zweckmäßigen Ausführungsform weist das Getriebe zwei verbundene Kronenräder und damit in Eingriff stehende Stirnräder an den Unwuchtwellen auf. Der Vorteil liegt hier darin, dass aus relativ wenigen, einfachen und bekannten Komponenten ein Getriebe geschaffen wird, das die Funktion der Vorrichtung sicherstellt.

20

Vorzugsweise ist das Getriebe mit einem einzigen Antrieb wirkungsverbunden. Das hat den Vorteil, dass die Funktionen gleicher Drehsinn und gleiche Drehzahlen der Unwuchtwellen beibehalten werden können und zusätzliche Antriebe eingespart werden.

- 25 Die Handhabung wird dadurch vereinfacht, dass jedes Unwuchtwellenpaar eine Unwuchtwelle mit veränderbarer Phasenlage aufweist. Bevorzugt ist ferner eine Synchronisvorrichtung zur synchronen Verstellung der Phasenlage vorhanden. Sie kann entweder zur gleichsinnigen, gemeinsamen Phasenverstellung beider Unwuchtwellenpaare oder zur unabhängigen Phasenverstellung ausgebildet sein. Eine besonders bevorzugte Weiterbildung besteht darin,
- 30 dass die Synchronisvorrichtung einen hydraulisch arbeitenden Stromteiler aufweist.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von drei in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen weiter erläutert. Es zeigen schematisch:

- Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer Schwingungserregervorrichtung mit zentralem, doppelten Kronenradgetriebe;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung von einzelnen Phasenlagen der Unwuchten der Schwingungserregervorrichtung;
- Fig. 3 eine Seitenansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Schwingungserregervorrichtung; und
- Fig. 4 eine Draufsicht eines dritten Ausführungsbeispiels einer Schwingungserregervorrichtung.

10

Im einzelnen zeigt Fig. 1 eine von einem Antrieb 1 angetriebene ersten Schwingungserregervorrichtung einer Bodenverdichtungsmaschine bei der parallel zu einem ersten Unwuchtwellenpaar 2 in Achsrichtung seitlich versetzt ein gleichartiges zweites Unwuchtwellenpaar 3 als Kippmoment-Ausgleichsvorrichtung angeordnet ist.

15

Jedes Unwuchtwellenpaar 2, 3 umfasst zwei hintereinander und achsparallel ausgerichtete, sich gegenläufig drehende Unwuchtwellen 4, 5 bzw. 4', 5' mit gleichen Unwuchtmassen 9, 10, wobei die Unwuchtmassen 9, 10 eines Unwuchtwellenpaars 2, 3 zur Erzeugung phasenverschobener Fliehkräfte winkelversetzt angeordnet sind. Die Unwuchtwellenpaare 2, 3 liegen in der Weise nebeneinander, dass ihre Unwuchtwellen paarweise fluchten. Ferner liegen sich Unwuchtwellen gleicher Drehrichtung diagonal gegenüber. Gleichsinnig drehende Unwuchtwellen 4, 4' einerseits und gegenläufig drehende Unwuchtwellen 5, 5' andererseits haben bei Geradeausfahrt jeweils gleiche Phasenlage. Für eine Lenkbewegung sind die Phasenlagen unterschiedlich einstellbar.

25

Es liegt auf diese Weise eine Anordnung vor, bei welcher diagonal angeordnete Unwuchtwellen axial zu einer imaginären Mittelpunktsachse, die parallel zu den Unwuchtwellenachsen verläuft, gleichmäßig gegensinnig axial versetzt sind.

Die Unwuchtwellen 4, 4', 5, 5' sind durch ein formschlüssiges Kraftübertragungsmittel in der Weise drehfest miteinander gekoppelt, dass die Drehrichtungen und Phasenzuordnungen sichergestellt sind. Das Kraftübertragungsmittel ist im vorliegenden Beispiel als doppeltes Kronenradgetriebe 25 ausgebildet. Dessen drehfest verbundene Kronenräder 6 kämmen an bei-

den Seiten jeweils mit einem Stirnzahnrad 7 und einem gegenläufigen Stirnzahnrad 8. Die Stirnzahnräder 7 und 8 sind jeweils drehfest mit den Unwuchtwellen 4, 4' und 5, 5' verbunden. Der Antrieb 1 wirkt über die Unwuchtwelle 4 auf das Kronenradgetriebe. Die Unwuchtwellen 9, 10 werden von Lagerelementen 12, zum Beispiel Zylinderrollenlagern, gehalten.

5

Die diagonal gegenüberliegenden Unwuchten der Unwuchtwellen 5, 5' können in ihrer Phasenlage allein oder gemeinsam gegenüber den anderen Unwuchten verändert werden, indem die betreffenden Unwuchtmassen 10 auf ihren Unwuchtwellen 5, 5' winkelversetzt werden. Dazu dienen zwei hydraulisch betätigte Verdrehvorrichtungen 11, die an der Stirnseite der

10 Unwuchtwellen 5, 5' angeordnet sind.

Werden die beiden diagonal gegenüberliegenden Unwuchtwellen 10 gleichzeitig in ihrer Phasenlage verstellt, so ändert sich die Richtung der resultierenden Fliehkraft. Damit ändert sich auch die Schwingrichtung und die Bodenverdichtungsmaschine bewegt sich vorwärts oder

15 rückwärts. Wird nur eine der beiden Wellen 10 in ihrer Phasenlage verändert, stellt sich eine Lenkbewegung ein.

In Fig. 2 wird in dreidimensionaler, schematischer Darstellung die Arbeitsweise der Schwingerregervorrichtung veranschaulicht. Dazu werden in Fig. 2 acht Phasenlagen a) bis h) der

20 Unwuchten im Verlauf eines vollständigen Wellenumlaufs dargestellt. Ausgefüllte schwarze Punkte geben die jeweiligen Winkelpositionen der Unwuchtmassen 9, 10 wieder. Die Unwuchtmassen 9 drehen im Uhrzeigersinn, angezeigt durch den gebogenen Drehrichtungspfeil 13, und die Unwuchtmassen 10 drehen gegen den Uhrzeigersinn, angezeigt durch den Drehrichtungspfeil 14. Weiterhin sind die Unwuchtmassen 9, 10 eines Unwuchtwellenpaars 2

25 bzw. 3 jeweils um 90° phasenverschoben. Diagonal gegenüberliegende Unwuchtmassen haben gleiche Phase.

In der Darstellung sind die Fliehkräfte eines Unwuchtwellenpaars zu jeweils einer resultierenden Fliehkraft zusammengefasst und als ausgefüllter schwarzer Pfeil 15, 16 dargestellt. Die

30 Pfeile 15, 16 sind jeweils im Angriffspunkt der resultierenden Fliehkraft angetragen und weisen jeweils in die Richtung, in die die resultierende Fliehkraft wirkt. Zusätzlich stellt die Länge des Pfeils die Größe der Kraft dar. Dabei bezeichnet der Pfeil 15 die resultierende Fliehkraft 15

des einen Unwuchtwellenpaars 2 und der Pfeil 16 die resultierende Fliehkraft 16 des anderen Unwuchtwellenpaars 3.

Die Ausgangslage gemäß Fig. 2a) zeigt den Beginn der Rotationsbewegung. Auf der hinteren  
 5 Längsachse 18 rotiert die Unwucht 9 im Uhrzeigersinn um die Querachse 19. Die Unwucht  
 10 10 rotiert gegen den Uhrzeigersinn um die Querachse 20. Die resultierende Fliehkraft 15 des  
 hinteren Unwuchtwellenpaars 2 greift im Schnittpunkt der Längsverbindungsachsen 18 und 19  
 an und wirkt schräg nach unten in x-z-Richtung, d.h. in Richtung auf den Untergrund. Ebenso  
 gerichtet ist die resultierende Fliehkraft 16 der auf der vorderen Längsachse 17 befindlichen  
 10 Unwuchten 9 und 10 des zweiten Unwuchtwellenpaars 3. Die resultierende Fliehkraft 16  
 greift im Schnittpunkt der Längsverbindungsachsen 17 und 20 an. Da beide resultierenden  
 Fliehkräfte 15 und 16 gleich groß und parallel gerichtet sind, tritt kein Kippmoment auf.

In Fig. 2b) ist eine zweite Phase der Drehbewegung dargestellt, bei der die Unwuchtmassen  
 15 um  $45^\circ$  in Drehrichtung versetzt sind. Die Fliehkräfte innerhalb eines jeden Unwuchtwellen-  
 paars 2, 3 sind jeweils genau entgegengesetzt. Es entstehen zwar zwei gleich große Drehmo-  
 mente 23, 24 um eine gedachte horizontale Mittelachse 22. Diese heben sich jedoch auf, da  
 sie wegen der gegenläufigen Drehrichtungen der Unwuchtwellenpaare 2, 3 entgegengesetzt  
 gerichtet sind. Im Ergebnis tritt daher kein Kippmoment parallel zu den Drehachsen der Un-  
 20 wuchten auf.

In Fig. 2c) sind die Unwuchten um weitere  $45^\circ$  in Drehrichtung versetzt. Es treten gleich ge-  
 richtete resultierende Fliehkräfte 15 und 16 gleicher Größe an den beiden Unwuchtwellen-  
 paaren 2, 3 auf. Sie sind im Vergleich zu der in Fig. 2a) gezeigten ersten Phase in Ihren An-  
 25 griffspunkten diagonal versetzt. Die Wirkungsrichtung der beiden resultierenden Fliehkräfte  
 verläuft schräg nach oben.

Mit fortschreitender Rotation der Unwuchten 9, 10 und mit zunehmender Phasengleichheit  
 der Unwuchten wandern die Angriffspunkte der resultierenden Fliehkräfte 15 und 16 auf die  
 30 Mittelachse 22 zu, wie in Fig. 2d) gezeigt ist. Da sie gleich groß und gleichgerichtet sind, tritt  
 kein Kippmoment auf.

In den weiteren Phasen, die in den Figuren 2e) bis 2h) veranschaulicht sind, wiederholen sich die vorstehend beschriebenen Zustände sinngemäß mit vertauschten Richtungen und Angriffs punkten der Fliehkräfte. Im Ergebnis bleibt es aber dabei, dass in keinem Fall ein Kippmoment parallel zu den Drehachsen der Unwuchten auftritt.

5

Bei den in Fig. 3 und 4 dargestellten zweiten und dritten Ausführungsbeispielen sind die Unwuchtwellen 4, 5 des einen Unwuchtwellenpaars 2 zu den Unwuchtwellen 4', 5' des anderen Unwuchtwellenpaars 3 achsparallel bei kreuzweiser Symmetrie versetzt. Die kreuzweise Symmetrie ergibt sich dadurch, dass die diagonal gegenüberliegenden Unwuchtwellen 4, 4'; 5, 5' zum Kreuzungspunkt 30 ihrer Verbindungslien 31, 32 paarweise symmetrisch angeordnet sind.

10

Fig. 3 veranschaulicht eine räumlich nach oben bzw. unten achsparallel versetzte Anordnung der diagonal gegenüberliegenden Unwuchtwellen 5, 5' zu den in einer Ebene liegenden anderen diagonal gegenüberliegenden Unwuchtwellen 4, 4'. Der Versatz Vo nach oben und der Versatz Vu nach unten sind gleich.

15

Beim vierten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 liegen alle Unwuchtwellen in einer Ebene und es sind die Abstände der jeweils diagonal gegenüberliegenden Unwuchtwellen 5, 5'; und 4, 4' unterschiedlich.

20

25

# LANG & TOMERIUS

Deutsche Patentanwälte  
European Patent Attorneys  
Euro Trademark Attorneys

Bavariaring 29  
D-80336 München  
Tel. 089-54369960  
Fax 089-54369970

FRIEDRICH LANG  
[Lang@patented.de](mailto:Lang@patented.de)  
DR. ISABEL TOMERIUS  
[Tomerius@patented.de](mailto:Tomerius@patented.de)

B.P 129 DE  
BOMAG GmbH  
LG/sa

## PATENTANSPRÜCHE

1. Schwingungserregervorrichtung zur Verwendung in einer Bodenverdichtungsmaschine mit einem ersten Unwuchtwellenpaar (2) und mit einer Kippmoment-Ausgleichsvorrichtung (3) dadurch gekennzeichnet, dass als Kippmoment-Ausgleichsvorrichtung (3) in Achsrichtung neben dem ersten ein zweites Unwuchtwellenpaar (3) angeordnet ist, und dass die Unwuchtwellenpaare (3, 4) gegenläufig drehen und diagonal gegenüberliegende Unwuchtwellen (4, 4'; 5, 5') gleichsinnig rotieren.
2. Schwingungserregervorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Unwuchtwellen (4, 5) des einen Unwuchtwellenpaars (2) mit den Unwuchtwellen (4', 5') des anderen Unwuchtwellenpaars (3) paarweise fluchten.
3. Schwingungserregervorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Unwuchtwellen (4, 5) des einen Unwuchtwellenpaars (2) zu den Unwuchtwellen (4', 5') des anderen Unwuchtwellenpaars (3) achsparallel bei kreuzweiser Symmetrie versetzt sind.
4. Schwingungserregervorrichtung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstände der diagonal gegenüberliegenden Unwuchtwellen (4, 4'; 5, 5') unterschiedlich sind.

5. Schwingungserregervorrichtung gemäß Anspruch 3 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Unwuchtwellen (4, 4'; 5, 5') in einer Ebene liegen.
6. Schwingungserregervorrichtung gemäß Anspruch 3 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Unwuchtwellen (4, 4'; 5, 5') räumlich versetzt zueinander angeordnet sind.
7. Schwingungserregervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass jedes Unwuchtwellenpaar (3, 4) eine Unwuchtwelle (10) mit veränderbarer Phasenlage aufweist.
8. Schwingungserregervorrichtung gemäß Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass eine Synchronisiervorrichtung zur synchronen Verstellung der Phasenlage vorhanden ist.
9. Schwingungserregervorrichtung gemäß Anspruch 7 oder 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisiervorrichtung zur gleichsinnigen, gemeinsamen Phasenverstellung beider Unwuchtwellenpaare (3, 4) ausgebildet ist.
10. Schwingungserregervorrichtung gemäß Anspruch 7 oder 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorrichtung zur unabhängigen Phasenverstellung vorhanden ist.
11. Schwingungserregervorrichtung einem der Ansprüche 8 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisiervorrichtung einen hydraulisch arbeitenden Stromteiler aufweist.
12. Schwingungserregervorrichtung einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest diagonale Unwuchtwellen (4, 4'; 5, 5') drehfest gekoppelt sind.

13. Schwingungserregervorrichtung gemäß Anspruch 12,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass alle Unwuchtwellen (4, 4'; 5, 5') drehfest gekopelt sind.
  
14. Schwingungserregervorrichtung gemäß Anspruch 12 oder 13,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass die drehfeste Kopplung aus einem Getriebe (25) mit zwei Kronenrädern (6) und damit in Eingriff stehenden Stirnräder (7, 8) an den Unwuchtwellen (4, 4') und (5,5') besteht.
  
15. Schwingungserregervorrichtung gemäß Anspruch 14,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass das Getriebe (25) mit einem einzigen Antrieb (1) wirksverbunden ist.

# LANG & TOMERIUS

Deutsche Patentanwälte  
European Patent Attorneys  
Euro Trademark Attorneys

Bavariaring 29  
D-80336 München  
Tel. 089-54369960  
Fax 089-54369970

FRIEDRICH LANG  
[Lang@patented.de](mailto:Lang@patented.de)  
DR. ISABEL TOMERIUS  
[Tomerius@patented.de](mailto:Tomerius@patented.de)

B.P 129 DE  
BOMAG GmbH  
LG/sa

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft eine Schwingungserregervorrichtung zur Verwendung in einer Bodenverdichtungsmaschine mit einer Kippmoment-Ausgleichsvorrichtung. Als Kippmoment-Ausgleichsvorrichtung ist in Achsrichtung neben einem ersten Unwuchtwellenpaar ein zweites Unwuchtwellenpaar mit jeweils gegensinnig drehenden Unwuchtwellen angeordnet. Diagonal gegenüberliegende Unwuchtwellen sind dabei gleichsinnig drehend. Fliehkräfte und Drehmomente an den beiden Unwuchtwellenpaaren heben sich auf diese Weise gegenseitig auf, so dass kein Kippmoment parallel zu den Drehachsen der Unwuchten auftritt.

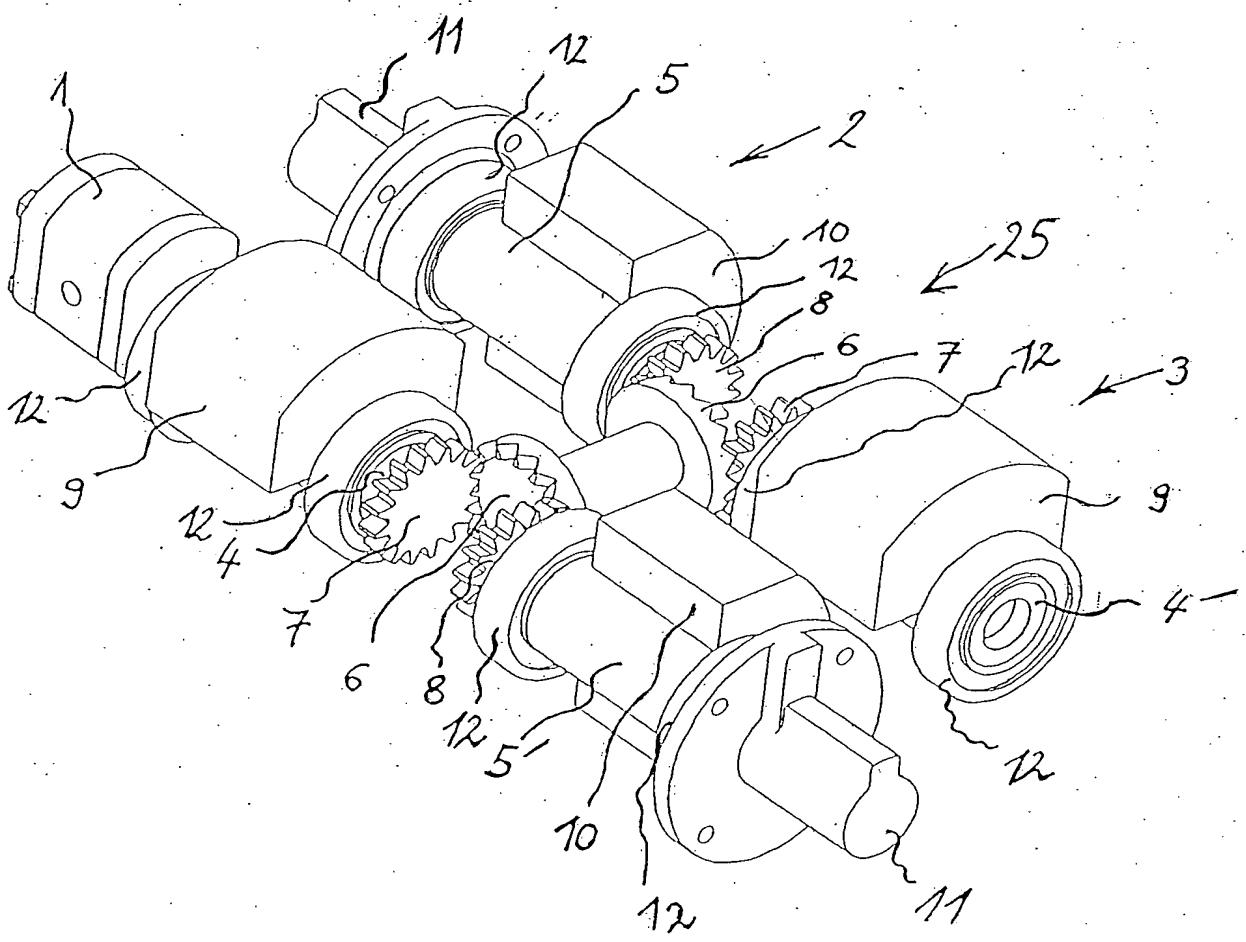


Fig. 1

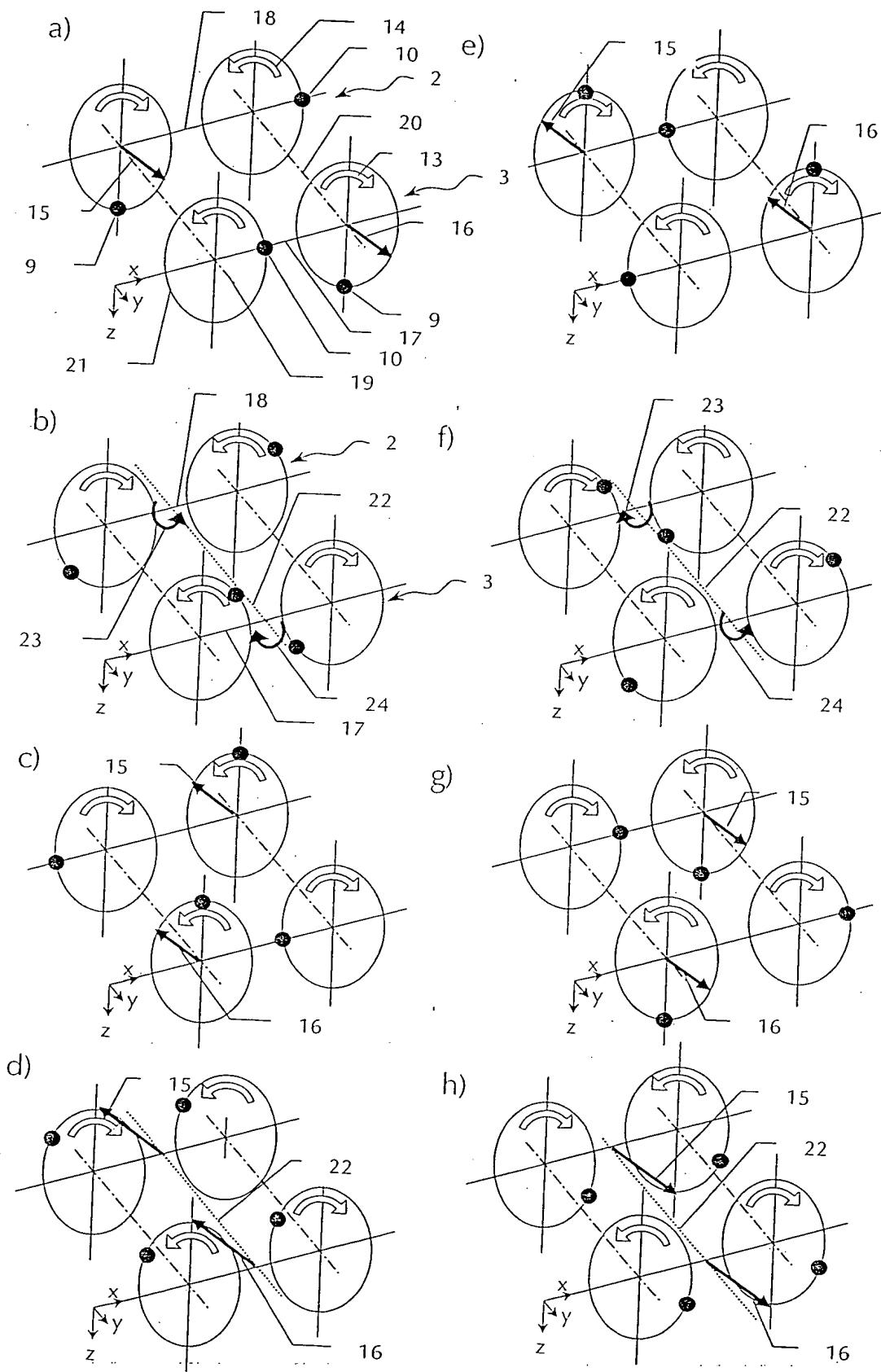


Fig. 2

3/3

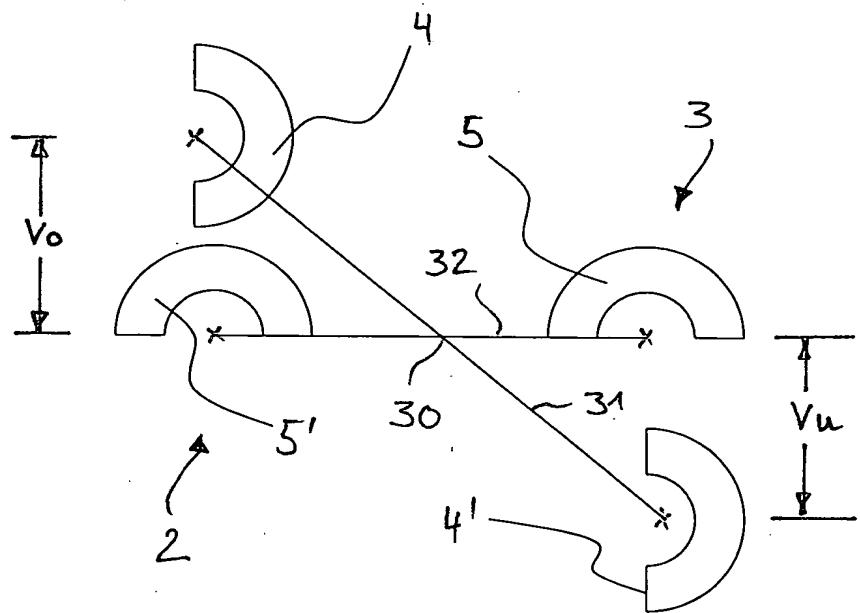


Fig. 3

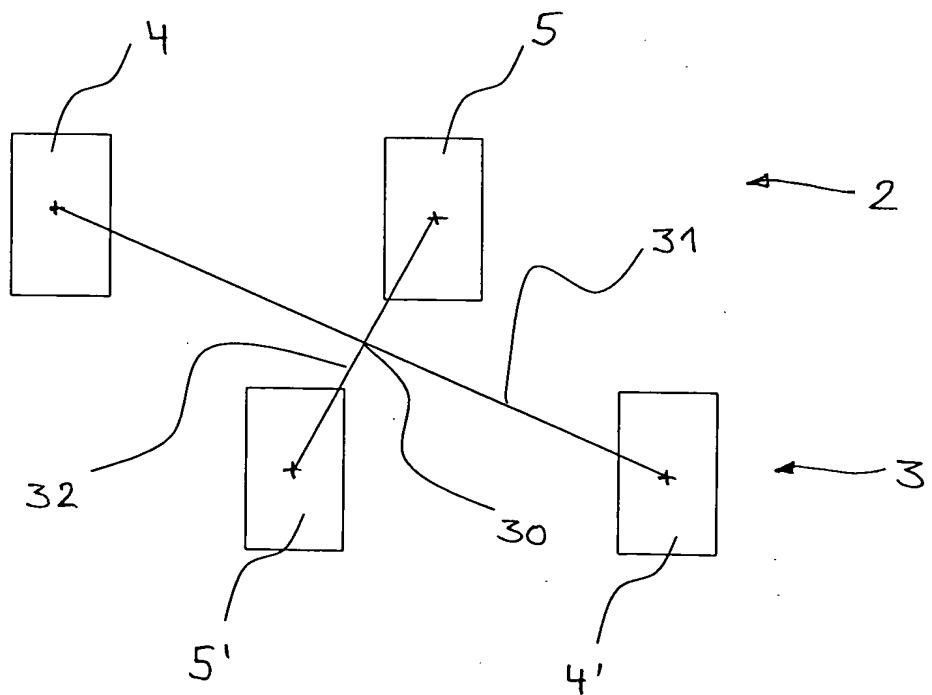


Fig. 4